

УДК 631.95:615.849

© 2015

*Г.М. Чоботько,**доктор
біологічних наук**В.П. Ландін,**доктор сільсько-
господарських наук**Л.А. Райчук,**кандидат сільсько-
сподарських наук**І.К. Швиденко**М.С. Уманський**Інститут
агроекології
і природокористування
НААН*

ОЦІНЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ ДОЗИ ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ НА ВІДДАЛЕНОМУ ЕТАПІ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧАЕС

Мета. З'ясувати особливості та характер формування дози внутрішнього опромінення населення на віддаленому етапі подолання наслідків аварії на ЧАЕС. **Методи.** Дослідження проведено в населених пунктах Київської, Житомирської та Чернігівської областей за допомогою лічильника випромінювання людини. Масив даних розглянуто як статистичну сукупність випадкових величин, визначено вид розподілу та ряд статистичних показників. **Результати.** Виявлено, що нині деякі сукупності проявляють ознаки не лише логнормального, а й експоненційного і нормального законів. Це свідчить про стабілізацію умов, що впливають на формування величини, і відсутність переважних причин (їх зрівноваження) формування сукупності. **Висновки.** Нинішньою особливістю дозоутворення є залежність дози внутрішнього опромінення переважно від місцевих особливостей раціону харчування, а отже, як від соціально-економічних характеристик регіону/населеного пункту, так і окремої сім'ї.

Ключові слова: доза внутрішнього опромінення, радіонуклід, ¹³⁷Cs, випадкова величина, статистичний розподіл, гіпотеза, критерії узгодженості.

Постановка проблеми. Проживання людини на радіоактивно забруднених територіях неминує зумовлює певний ступінь ризику отримати додаткове внутрішнє опромінення внаслідок надходження радіонуклідів до її організму з продуктами харчування місцевого виробництва, що призводить до змін стану здоров'я [3]. Закономірності формування дози опромінення серед мешканців певного населеного пункту збігаються із забрудненням у навколишньому природному середовищі та/або з розподілом питомої активності радіонуклідів у продуктах харчування. Тому дослідження вчених зосереджені на моніторингу забруднення сільгоспугідь поблизу населених пунктів, радіоактивності продуктів

харчування та ін. Без знання причини формування дози опромінення, її величини не можна правильно оцінити або спрогнозувати дозу опромінення, тим більше планувати протирадіаційні заходи.

У дослідженні дозоутворення в групах однотипної соціальної поведінки сільських мешканців узято за основу концепцію А.М. Скрябіна [5, 6]. Суть її полягає в тому, що людина або група людей з певними особистісними та соціально-економічними характеристиками взаємодіє з навколишнім природним середовищем проживання, сприяючи формуванню дози, яка є його властивістю. Цей підхід пояснює деякі закономірності дозоутворення, але пов'язаний з трудомістким збором непрямих даних про

окремих людей або ж їх груп зі схожою поведінкою і залишає відкритими деякі питання. Наприклад, неможливо пояснити наявність високих доз внутрішнього опромінення у деяких людей, що проживають у сім'ях, інші члени яких мають значно нижчу дозу опромінення.

Споживання радіоактивно забруднених продуктів харчування (грибів, ягід, дичини, молока) є основним дозоутворювальним чинником, що визначається низкою непрямих чинників, пов'язаних з соціально-економічними характеристиками населеного пункту [7, 8]. Отже, можна припустити, що кожний населений пункт повинен характеризуватися «свою» дозою. Оскільки населений пункт формує дозу, то і доза є властивістю конкретного населеного пункту.

Мета роботи — з'ясувати особливості та характер формування дози внутрішнього опромінення населення на віддаленому етапі подолання наслідків аварії на ЧАЕС.

Матеріали та методика досліджень. Відділом радіоекології в агросфері Інституту агроєкології і природокористування НААН упродовж 2011–2014 рр. було обстежено мешканців 174 населених пунктів 17 районів Київської, Житомирської та Чернігівської областей, що належать до II, III та IV зон радіоактивного забруднення — всього близько 15 800 вимірів. Вимірювання було проведено за допомогою лічильника випромінювання людини (ЛВЛ). З метою з'ясування особливостей та характеру формування

індивідуальної дози внутрішнього опромінення мешканців регіону весь масив даних розглянуто як статистичну сукупність випадкових величин [1, 2, 4]. Для цього за допомогою таблиці випадкових чисел обрали населені пункти трьох адміністративних районів — Народицького і Овруцького Житомирської обл. та Білоцерківського Київської обл., що належать відповідно до II та III зон радіоактивного забруднення. З метою виявлення змін у формуванні індивідуальної дози внутрішнього опромінення найкритичнішої категорії населення регіону (працівників лісової галузі) було обрано 2 лісівничих господарства (ДП «Поліське» Поліського р-ну Київської обл. та ДП «Овруцьке лісове господарство», м. Овруч Житомирської обл.).

Гіпотезу про вид закону розподілу перевіряли за критерієм узгодженості Пірсона.

Результати досліджень. З метою виявлення особливостей та характеру формування індивідуальної дози внутрішнього опромінення ми визначали вид розподілу та ряд статистичних показників: середнє, стандартну похибку, медіану, моду, середньоквадратичне відхилення, дисперсію вибірки, коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт варіації (таблиця). Кожна з цих характеристик і їх порівняння дають змогу оцінити сукупності даних і визначити ймовірний закон їх розподілу (близькість значень середнього арифметичного та середньоквадратичного відхилень, високі значення коефіцієнта асиметрії та коефіцієнта варіації — для експоненційного;

Статистичні характеристики розподілу дози внутрішнього опромінення мешканців досліджуваних населених пунктів

Показник	Житомирська обл.						Київська обл.		
	Зона радіоактивного забруднення								
	II						III		
	с. Селець	с. Розсохівське	смт Народиці	с. Калнівка	с. Базар	с. Виступовичі	с. Бережесть	с. Павлівка	с. Йосипівка
Середнє арифметичне, мЗв/рік	0,20	0,40	0,18	0,18	0,13	0,55	0,15	0,07	0,05
Дисперсія, (мЗв/рік) ²	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,21	0,04	0,001	0,001
Середньоквадратичне відхилення, мЗв/рік	0,23	0,17	0,20	0,09	0,09	0,45	0,20	0,03	0,02
Медіана, мЗв/рік	0,11	0,40	0,12	0,15	0,11	0,49	0,10	0,08	0,04
Коефіцієнт варіації, %	114	42	113	51	70	82	136	46	52
Коефіцієнт асиметрії	3,19	0,83	4,58	0,61	2,98	1,36	6,22	0,57	0,47

близькість значень середнього арифметичного, моди і медіани, низьке значення коефіцієнта асиметрії та варіації — для нормального; близькість абсолютного значення логарифму медіани і середнього арифметичного значень логарифмів варіантів — логарифмічно нормального розподілу та ін.). За цими даними побудовано гістограми і полігони розподілу з метою з'ясування виду розподілу.

За наведеними даними можна зробити такі попередні висновки і припущення. Порівняно високі значення коефіцієнта асиметрії (с. Селець, смт Народичі, с. Виступовичі, с. Базар, с. Бережесь) свідчать, що вид розподілу дози внутрішнього опромінення населення істотно відрізняється від нормального — за нормального розподілу цей показник дорівнює 1 і з відхиленням розподілу від нормального перебуває у межах ± 3 (с. Розсохівське, с. Калинівка, с. Павлівка, с. Йосипівка). Тому для цих населених пунктів можна висловити і перевірити гіпотезу про вид розподілу.

На підставі отриманих статистичних характеристик розподілу гіпотеза для с. Селець, смт Народичі, с. Виступовичі, с. Базар, с. Бережесь дає змогу очікувати експоненційний вид розподілу без додаткових проміжних обчислень. Так, формальною його ознакою є порівняно високі абсолютні значення коефіцієнта асиметрії (3,19; 4,58; 1,36; 2,98; 6,22 відповідно) та коефіцієнта варіації (114%; 113%; 82%; 70%; 136% відповідно) і близькі за значеннями середнє арифметичне і середньоквадратичне відхилення. З метою

підтвердження або заперечення гіпотези про закон розподілу побудували гістограми розподілу і провели апроксимацію. Апроксимація експериментальних даних за цими населеними пунктами підтвердила гіпотезу щодо с. Селець, смт Народичі, с. Виступовичі та с. Бережесь (рис. 1, а). Для с. Базар гіпотеза не підтвердилась.

За зміни дискретності (зменшенні інтервалу до 0,05 мЗв/рік) (рис. 1, б) наведені сукупності даних свідчать про логарифмічний нормальний розподіл (крім с. Бережесь, де спостерігали розподіл Гауса).

Отже, за критерієм Пірсона гіпотезу про експоненційний закон розподілу прийнято для сіл Селець, Виступовичі та Бережесь. Це свідчить про здатність таких сукупностей до стійкості в конкретних умовах. Щодо наведених населених пунктів, то незмінними або малозмінними є соціально-економічні умови, особливості раціону харчування населення, рівень забруднення продуктів харчування радіонуклідами, який знижується переважно завдяки фізичному розпаду радіонуклідів, і т.д. Є підстави очікувати, що експоненційний закон розподілу індивідуальної дози внутрішнього опромінення населення постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС регіонів у віддалений період буде характерним для багатьох населених пунктів Північного Полісся України, зважаючи на відносну беззмінність соціально-демографічно-економічних характеристик регіону.

Для смт Народичі та с. Базар прийнято гіпотезу стосовно логарифмічно нормального

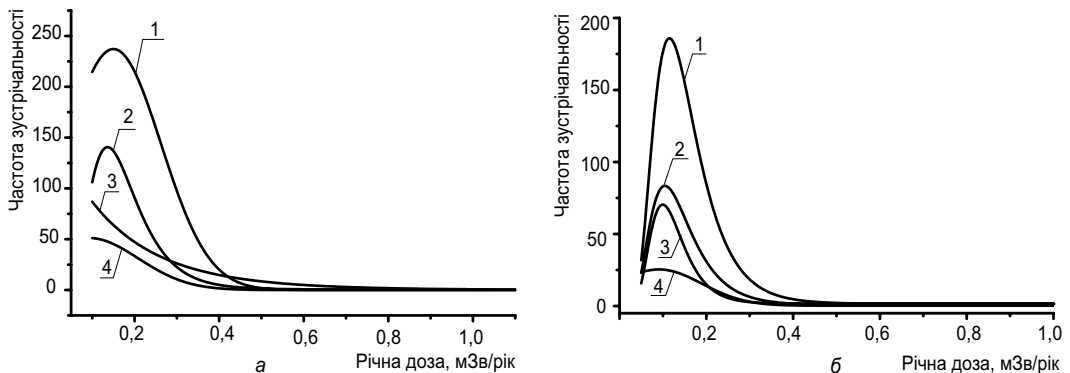


Рис. 1. Графічна інтерпретація закону розподілу дози внутрішнього опромінення мешканців с. Селець, смт Народичі, с. Виступовичі, с. Базар, с. Бережесь: а — інтервал — 0,1 мЗв/рік; б — інтервал — 0,05 мЗв/рік; 1 — смт Народичі (експоненційний розподіл); 2 — с. Базар (логарифмічно нормальний розподіл); 3 — с. Селець (експоненційний розподіл); 4 — с. Бережесь (експоненційний розподіл)

закону розподілу. Цей вид розподілу формується за мультиплікативним принципом [4]. Тобто серед чинників, які впливають на формування цієї сукупності, є переважні (дикорослі гриби, ягоди, молоко).

Апроксимація експериментальних даних по селах Розсохівське, Калинівка, Павлівка та Йосипівка з наступною перевіркою за критерієм узгодженості Пірсона дала змогу врахувати гіпотезу щодо розподілу Гауса (про що попередньо свідчать низькі значення коефіцієнта асиметрії). Ці статистичні сукупності формуються внаслідок впливу значної кількості незалежних (або малозалежних) випадкових величин, жодна з яких не є переважною.

Отже, у віддалений період після аварії на ЧАЕС установлено диференціацію населених пунктів за характером формування дози внутрішнього опромінення. Це можна пояснити соціально-демографічними та еколого-економічними їх особливостями. Очевидними є вплив середнього віку мешканців населеного пункту, рівня їхньої освіти, контакту з лісом, частки робітників певних категорій, соціально-економічного становища та ін. Все це зрештою формує особистісну харчову поведінку. Варто зазначити, що дотепер у переважній більшості постраждалих від аварії на ЧАЕС регіонах спостерігався дещо інший характер розподілу доз внутрішнього опромінення — логарифмічно нормальний [9].

Проведений нами аналіз розподілу доз внутрішнього опромінення працівників лісового господарства ДП «Поліське лісове господарство» (Поліський р-н Київської обл.) та ДП «Овруцьке лісове господарство» (м. Овруч Житомирської обл.) в 2006 та 2014 рр. (рис. 2) свідчить про істотне зменшення як індивідуальних доз внутрішнього опромінення у переважній більшості обстежених, так і зменшення кількості осіб з високими рівнями опромінення у ДП «Поліське лісове господарство».

У працівників ДП «Овруцьке лісове господарство» зниження додаткових доз внутрішнього опромінення менш помітне. Зменшення значення коефіцієнта варіації у 2014 р. свідчить про вплив меншої кількості чинників на формування окремих одиниць сукупності даних, оскільки чим менше різноманіття умов, які впливають на показник, тим менша його варіація. Зменшення коефіцієнта варіації для значень доз

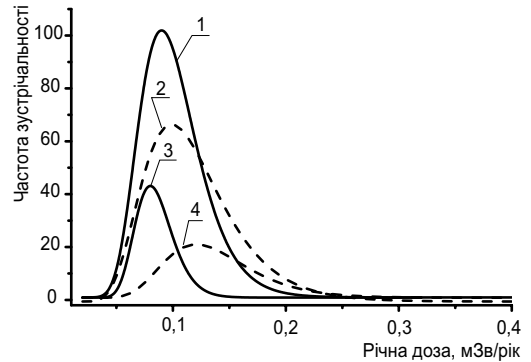


Рис. 2. Графічна інтерпретація закону розподілу дози внутрішнього опромінення працівників лісового господарства: 1 — ДП «Овруцьке лісове господарство», 2014 р.; 2 — ДП «Овруцьке лісове господарство», 2006 р.; 3 — ДП «Поліське лісове господарство», 2014 р.; 4 — ДП «Поліське лісове господарство», 2006 р.

опромінення — наслідок тіснішого групування сукупності навколо медіани, що свідчить про більшу вирівняність дози опромінення. Це можна пояснити тим, що нині основним чинником дозоутворення є раціон харчування, в даному разі — значна частка продуктів лісового походження (дикорослих грибів, ягід, дичини). Розподіл доз внутрішнього опромінення працівників лісового господарства краще апроксимувався логарифмічно нормальним розподілом.

Аналіз населених пунктів дає доволі чітке уявлення про механізми формування дози внутрішнього опромінення місцевих мешканців. За його результатами можна адекватно оцінити або спрогнозувати розподіл дози як у населеному пункті в цілому, так і в окремих групах його мешканців. Він може бути надійною основою для виявлення найбільш опромінюваних, так званих критичних груп сільського соціуму. Однак низка питань досі залишається без відповідей. Повніше розкрити причини формування дози опромінення дасть змогу аналіз окремих сімей (виявлення найбільш значущих соціально-демографіко-економічних характеристик сім'ї, що впливають на формування дози внутрішнього опромінення її членів: кількість членів і кількість дітей, середній вік, освіта та професійна орієнтація сім'ї, рівень доходів та ін.), оскільки певне значення дози внутрішнього опромінення є властивістю не лише певного населеного пункту, а й окремої сім'ї.

Висновки

Радіоекологічний моніторинг мешканців населених пунктів дає змогу стверджувати, що у віддалений період після аварії на ЧАЕС характер формування дози внутрішнього опромінення децю змінився. Якщо у попередніх дослідженнях для переважної більшості населених пунктів характерним був логарифмічно нормальний закон розподілу, то нині деякі сукупності виявляють ознаки експоненційного і нормального законів. Такий розподіл свідчить про стабілізацію умов, що впливають на формування величини у разі першого виду розподілу (раціон харчування, рівень радіоактивного

забруднення, соціально-економічне становище та ін.) і відсутність переважних причин (їх зрівноваження) формування сукупності у разі другого виду розподілу. Виявленою особливістю дозоутворення є залежність величини дози внутрішнього опромінення не стільки від рівня поверхневого забруднення території, скільки від місцевих особливостей раціону харчування, а отже, як від соціально-економічних характеристик регіону/населеного пункту, так і окремої сім'ї. Ці обставини спонукають до необхідності у подальших поглиблених дослідженнях.

Бібліографія

1. Волошин М.І. Елементи соціально-економічної моделі виробника органічної продукції/М.І. Волошин, О.І. Корницька//Агроєкологічний журнал. — 2009. — № 1. — С. 16–18.
2. Волошин М.І. Параметри модельних агроформувань в умовах оренди землі/М.І. Волошин, О.М. Моклячук, Т.М. Красільнікова//Агроєкологічний журнал. — 2012. — № 31. — С. 28–31.
3. Деякі аспекти дозиметричної характеристики та особливості внутрішньоклітинного метаболізму дітей — мешканців радіоактивно забруднених територій/Є.І. Степанова, Г.М. Чоботько, І.Є. Колпаков та ін.//Агроєкологічний журнал. — 2013. — № 1. — С. 22–27.
4. Райчук Л.А. Елементи методики оцінювання формування дози внутрішнього опромінення населення на віддаленому етапі подолання наслідків аварії на Чорнобильській АЕС/Л.А. Райчук//Наук. вісн. НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. — 2014. — Вип. 24.07. — С. 150–156.
5. Скрябин А.М. Дозиметрический контроль: техника и методы/А.М. Скрябин//Материалы междунар.

симпоз. «Актуальные проблемы дозиметрии». — Мн., 1997. — С. 159–160.

6. Скрябин А.М. Чернобыль сегодня: социальные аспекты радиационной защиты/А.М. Скрябин: сб. тез. III съезда по радиационным исследованиям. — М., 14–17 окт. 1997 г. — С. 300.

7. Соціально-екологічні чинники споживчої поведінки населення на радіоактивно забруднених територіях Полісся/Д.П. Качур, П.В. Замостян, Г.П. Паньковська та ін.//Агроєкологічний журнал. — 2010. — № 2. — С. 106–109.

8. Формування дози внутрішнього опромінення населення Українського Полісся внаслідок споживання харчових продуктів лісового походження/Г.М. Чоботько, Л.А. Райчук, Ю.М. Пісковий, І.І. Ясковець//Агроєкологічний журнал. — 2011. — № 1 — С. 37–42.

9. Чоботько Г.М. Особливості моніторингу сезонного розподілу дозових навантажень населення, що мешкає в III та IV зонах радіоекологічного контролю Українського Полісся/Г.М. Чоботько, Ю.М. Пісковий, Є.Є. Перетятко//Агроєкологічний журнал. — 2010. — № 2. — С. 21–25.

Надійшла 31.03.2015.